



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**STUDI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV BERBASIS GIS  
( *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM* ) DENGAN  
MENGUNAKAN METODE RIA ( *RELIABILITY INDEX  
ASSESSMENT* )**

Jefri Arianto  
NRP 2213106024

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.  
Dr. Ir. Soedibyo, M. MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

***RELIABILITY STUDY OF DISTRIBUTION SYSTEM 20 KV  
BASED GIS ( GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM )  
USING RIA METHOD ( RELIABILITY INDEX ASSESSMENT )***

Jefri Arianto  
NRP 2213106024

Advisor  
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.  
Dr. Ir. Soedibyo, M. MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

**STUDI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV BERBASIS  
GIS ( GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM )  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE RIA  
( RELIABILITY INDEX ASSESSMENT )**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I,**

**Dosen Pembimbing II,**

**Antoseno Penangsang, Msc., Ph.D.**

**NIP. 194907151974121001**

**Dr. Ir. Soedibvo, M.MT.**

**NIP. 195512071980031004**



**SURABAYA**

**Januari, 2016**

# **Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV berbasis GIS (*Geographic Information System*) menggunakan Metode RIA (*Reliability Index Assessment*)**

Nama : Jefri Arianto  
NRP : 2213106024  
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph. D.  
2. Dr. ir. Soedibyo, M. MT.

## **ABSTRAK**

Pada suatu sistem distribusi tenaga listrik, tingkat keandalan adalah hal yang sangat penting dalam menentukan kinerja sistem tersebut. Keandalan ini dapat dilihat dari sejauh mana suplai tenaga listrik bisa mensuplai secara kontinyu dalam setahun ke konsumen. Keandalan sangat berpengaruh dalam suatu kualitas jaringan distribusi yang dapat beroperasi sesuai dengan fungsi dalam rentang waktu dan kondisi tertentu. Kemudian keandalan ini diterapkan pada GIS ( *Geographic Information System* ) sebagai *tool* yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia dalam memonitoring keandalan suatu system distribusi. Indeks – indeks yang digunakan dalam menentukan suatu keandalan adalah SAIFI (*System Average Interruption Frequency Indeks*), SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), dan CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*). Metode RIA (*Reliability Index Assessment*). Metode RIA ini mendata kegagalan yang terjadi pada peralatan secara komprehensif, kemudian mengidentifikasi kegagalan, dan menganalisis mode kegagalan tersebut. Hasil GIS pada kondisi *perfect switching* diketahui nilai parameter keandalan SAIDI = 1.718 jam/pelanggan/tahun, SAIFI = 5.514 kali/pelanggan/tahun, dan CAIDI = 3.00 jam/gangguan/pelanggan, sedangkan pada kondisi *imperfect switching* didapat SAIDI = 135.3 jam/pelanggan/tahun, SAIFI = 20.17 kali/pelanggan/tahun, dan CAIDI = 6.71 jam/gangguan/pelanggan. Serta MAIFI keseluruhan sistem = 1.842 gangguan/tahun.

**Kata Kunci:** Indeks keandalan, metode RIA, GIS.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

***Reliability Study of Distribution System 20 KV based GIS  
(Geographic Information System) using RIA method  
(Reliability Index Assessment)***

Nama : Jefri Arianto  
NRP : 2213106024  
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph. D.  
2. Dr. ir. Soedibyo, M. MT.

***ABSTRACT***

*At a distribution system electricity, the reliability is importance in determining the performance of the system. The reliability can be seen from the extent to which electric power supply can supply continuously in a year to consumers. Reliability is very influential in a quality distribution network that can operate in accordance with the functions in a span and certain conditions. Then this reliability applied to GIS ( Geographic Information System ) as the tool used to facilitate the work of man in a distribution system reliability supervisory. Index-index used in determining a the reliability of is SAIFI (System Average Interruption Frequency Indeks), SAIDI (System Average Interruption Duration Index), and CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index). RIA Method (Reliability Index Assessment) is an approach used to predict the failure of distribution system based on the system topology and data-data about the component reliability. This RIA method logs a failure on equipment comprehensively, then to identified failure, and analyzing the failure mode. And calculation result of GIS in perfect switching condition in SAIDI = 1.718 hour/fault/load point, SAIFI = 5.514 times/load point/year, and CAIDI = 3.00 hour/fault/load point, whereas in imperfect switching condition gets SAIDI = 135.3 hour/fault/load point, SAIFI = 20.17 times/load point/year, CAIDI = 6.71 hour/fault/load point. As soon as MAIFI for all system = 1.842 fault/year.*

***Keywords : Reliability Indeks, RIA method, GIS.***

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang mana atas rahmat dan hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

**“STUDI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV BERBASIS  
GIS ( *GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM* ) DENGAN  
MENGUNAKAN METODE RIA ( *RELIABILITY INDEX  
ASSESSMENT* ) ”**

Tugas Akhir ini merupakan karya tulis ilmiah yang menjadi salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang banyak membantu terutama dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Kedua orang tua atas limpahan doa, kasih sayang, dan teladan hidup bagi penulis.
2. Bapak Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D. dan Dr. Ir. Soedibyo, M. MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran serta bimbingan.
3. Kepada rekan saya yang telah mendorong dan memberi semangat yang tiada henti-hentinya sehingga sukses TA.
4. Seluruh rekan Teknik Sistem Tenaga LJ-2013 Gasal atas kebersamaannya.
5. Seluruh keluarga besar Teknik Elektro ITS & D3 Teknik Elektro Komputer Kontrol ITS.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini belum sempurna. Kritik dan saran pembaca diharapkan mampu memperbaiki kekurangan penulis dalam pembuatan laporan ini. Semoga terselesaikannya Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis serta pembaca secara luas. Terima kasih.

Surabaya, Januari 2016

Jefri Arianto



# DAFTAR ISI

|                                 | Halaman |
|---------------------------------|---------|
| Halaman Judul .....             | i       |
| Lembar Pengesahan Jurusan ..... | iii     |
| Abstrak.....                    | v       |
| <i>Abstract</i> .....           | vii     |
| Kata Pengantar .....            | ix      |
| Daftar Isi .....                | xi      |
| Daftar Gambar .....             | xv      |
| Daftar Tabel .....              | xvii    |

## **BAB I. PENDAHULUAN**

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang.....       | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah .....   | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah .....     | 2 |
| 1.4 Tujuan.....               | 2 |
| 1.5 Metodologi .....          | 2 |
| 1.6 Sistematika Laporan ..... | 4 |
| 1.7 Relevansi .....           | 5 |

## **BAB II. KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK**

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Sistem Tenaga Listrik .....                        | 7  |
| 2.1.1 Jaringan Distribusi .....                        | 8  |
| 2.1.1.1. Saluran Distribusi Primer.....                | 10 |
| 2.1.1.2. Saluran Distribusi Sekunder .....             | 16 |
| 2.2 Definisi Aliran Daya .....                         | 17 |
| 2.3 Keandalan Sistem Distribusi .....                  | 18 |
| 2.3.1 Definisi SAIFI .....                             | 18 |
| 2.3.2 Definisi SAIDI.....                              | 19 |
| 2.3.3 Definisi CAIDI .....                             | 20 |
| 2.3.4 Definisi MAIFI.....                              | 20 |
| 2.3.5 Metode RIA .....                                 | 21 |
| 2.4 GIS ( <i>Geographic Information System</i> ) ..... | 22 |

## **BAB III. SISTEM KELISTRIKAN PT. PLN APJ Surabaya Utara**

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Langkah-langkah Pengembangan Software ..... | 26 |
| 3.2 Pengumpulan Data .....                      | 26 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.2.1 | Single Line Diagram.....   | 27 |
| 3.2.2 | Data Pelanggan Tiap Load Point .....   | 27 |
| 3.2.3 | Indeks Kegagalan Peralatan Distribusi ..   | 29 |
| 3.2.4 | Data Panjang Tiap Saluran .....  | 30 |
| 3.3   | Perhitungan Indeks Keandalan dengan menggunakan Metode<br>RIA (Reliability Index Assessment) ..... | 31 |
| 3.3.1 | Kondisi Perfect Switching .....  | 33 |
| 3.3.2 | Kondisi Imperfect Switching.....   | 34 |

#### **BAB IV. SIMULASI & ANALISIS KEANDALAN DI PT. PLN APJ SURABAYA UTARA**

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.     | Analisis Perhitungan Keandalan Sistem.....                                    | 35 |
| 4.1.   | Analisis Aliran Daya .....  | 35 |
| 4.2.   | Hasil Simulasi pada GIS .....   | 36 |
| 4.3.   | Analisis Indeks Keandalan.....  | 37 |
| 4.3.1. | Perhitungan Indeks Keandalan pada Kondisi<br><i>Perfect Switching</i> .....   | 38 |
| 4.3.2. | Perhitungan Indeks Keandalan pada Kondisi<br><i>Imperfect Switching</i> ..... | 39 |
| 4.3.3. | Perhitungan Indeks Keandalan untuk nilai<br>MAIFI.....                        | 41 |

#### **BAB V. PENUTUP**

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 5.1 | Kesimpulan..... | 43 |
| 5.2 | Saran.....      | 44 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> ..... | 45 |
|-----------------------------|----|

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| <b>LAMPIRAN</b> ..... | A - 1 |
|-----------------------|-------|

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| <b>BIODATA PENULIS</b> ..... | B - 1 |
|------------------------------|-------|

## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Gambar 1.1</b> <i>Flowchart</i> Tugas Akhir.....            | 3       |
| <b>Gambar 2.1</b> Sistem Tenaga Listrik .....                  | 7       |
| <b>Gambar 2.2</b> Radial Tipe Pohon .....                      | 13      |
| <b>Gambar 2.3</b> Radial Tipe Tie and Switch .....             | 14      |
| <b>Gambar 2.4</b> Radial Tipe Pusat Beban .....                | 15      |
| <b>Gambar 2.5</b> Radial Tipe Phase Area .....                 | 16      |
| <b>Gambar 2.6</b> Jaringan Sistem <i>Loop</i> .....            | 17      |
| <b>Gambar 2.7</b> Jaringan Distribusi Sekunder.....            | 18      |
| <b>Gambar 2.8</b> Blok Diagram Perhitungan Metode RIA .....    | 22      |
| <b>Gambar 3.1</b> Flowchart keseluruhan system .....           | 25      |
| <b>Gambar 3.2</b> Flowchart menghitung keandalan.....          | 32      |
| <b>Gambar 4.1</b> Tampilan pada GIS serta data pelanggan ..... | 37      |
| <b>Gambar 4.2</b> Kondisi <i>Perfect Switching</i> .....       | 39      |
| <b>Gambar 4.3</b> Kondisi <i>Imperfect Switching</i> .....     | 41      |

## DAFTAR TABEL

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Tabel 3.1</b> Data Pelanggan.....   | 28      |
| <b>Tabel 3.2</b> Indeks Kegagalan Peralatan Distribusi.....  | 29      |
| <b>Tabel 3.3</b> Panjang Saluran Penyulang Basuki Rachmat.....                                       | 30      |
| <b>Tabel 4.1</b> Data Hasil Loadflow pada GIS.....   | 35      |
| <b>Tabel 4.2</b> Hasil dengan menggunakan metode RIA kondisi <i>Perfect Switching</i> .....          | 38      |
| <b>Tabel 4.3</b> Hasil dengan menggunakan perhitungan Excel kondisi <i>Perfect Switching</i> .....   | 38      |
| <b>Tabel 4.4</b> Hasil dengan menggunakan metode RIA kondisi <i>Imperfect Switching</i> .....        | 40      |
| <b>Tabel 4.5</b> Hasil dengan menggunakan perhitungan Excel kondisi <i>Imperfect Switching</i> ..... | 40      |
| <b>Tabel 4.6</b> Hasil Perhitungan MAIFI .....   | 41      |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Keseimbangan daya antara kebutuhan beban dengan pembangkitan dapat mempengaruhi tingkat keandalan suatu operasi sistem tenaga listrik. Pada pengoperasian sistem tenaga listrik, pasti akan ada suatu gangguan yang akan mempengaruhi tingkat keandalan suatu operasi sistem tenaga listrik dan juga tingkat keandalan ini akan berubah-ubah sesuai dengan daya yang dikirim serta ada gangguan apa saat dalam saluran transmisi yang panjang. Perubahan tersebut yang akan menyebabkan tingkat keandalan akan turun ataupun naik.

Tingkat keandalan merupakan faktor yang penting dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik. Adanya pertumbuhan beban listrik yang meningkat dengan pesat, menuntut PLN sebagai supplier tenaga listrik untuk dapat memasok energi listrik secara kontinu. Semakin tinggi tingkat kontinuitas maka semakin baik pula keandalan suatu sistem distribusi.

Pada saat situasi dimana adanya penambahan beban yang cukup besar maka akan terjadi tingkat kegagalan serta gangguan yang akan bertambah juga pada saluran transmisi, keandalan ini harus cukup besar untuk mempertahankan diri sendiri terhadap perubahan beban yang relatif besar. Semakin besar keandalan suatu sistem tenaga listrik maka akan semakin besar pula prosentase *supply* listrik yang dapat diterima oleh pelanggan, Sehingga tidak ada lagi pemadaman berkala secara besar-besaran dan juga dapat memperpanjang umur peralatan-peralatan yang ada. Pada keadaan di lapangan tingkat keandalan ini susah untuk dilihat dan dikontrol dengan perangkat yang ada, akan tetapi pada jaman yang serba modern seperti sekarang tidak ada yang tidak bisa dibuat maupoun dilakukan. Oleh sebab itu dibuat lah sebuah *software* yang dirasa mampu untuk mempermudah pekerjaan manusia.

Untuk *software* yang akan dipakai dalam menguji tingkat keandalan ini digunakan *software* GIS (Geographic Information System) yang berorientasi pada pemetaan suatu wilayah yang mampu mengevaluasi serta menampilkan peta distribusi tenaga listrik yang dilakukan oleh pihak PT. PLN APJ Surabaya Utara. *Software* ini diharapkan untuk bisa menampilkan tingkat keandalan suatu penyulang yang selama ini belum ada *software* yang benar-benar bisa sesuai dengan keadaan lapangan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang dibahas berkaitan dengan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bagaimana merepresentasikan GIS pada sistem distribusi?.
2. Bagaimana menentukan load flow?
3. Bagaimana menerapkan metode RIA pada system keandalan?..
4. Bagaimana analisis hasil metode RIA pada GIS dibanding dengan perhitungan manual pada Excel?.

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam penyelesaian masalah dalam Tugas Akhir ini, terdapat batasan-batasan sebagai berikut:

1. *Software* yang digunakan adalah Emacs sebagai Loadflow dan Small World sebagai server GIS ( *Geographic Information System* )
2. Jaringan distribusi yang digunakan adalah jaringan distribusi radial
3. Metode RIA pada analisa keandalan.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini antara lain:

1. Memonitoring suatu jaringan distribusi radial PT. PLN APJ Surabaya Utara
2. Melaksanakan studi keandalan di PT. PLN APJ Surabaya Utara untuk mengelola data kegagalan suatu sistem baik yang terjadi secara rutin maupun yang diluar kendali saat terjadi bencana alam.
3. Mengevaluasi studi keandalan SAIFI, SAIDI, CAIDI, serta MAIFI pada PT. PLN APJ Surabaya Utara
4. Metode RIA dalam GIS.

## **1.5 Metodologi**

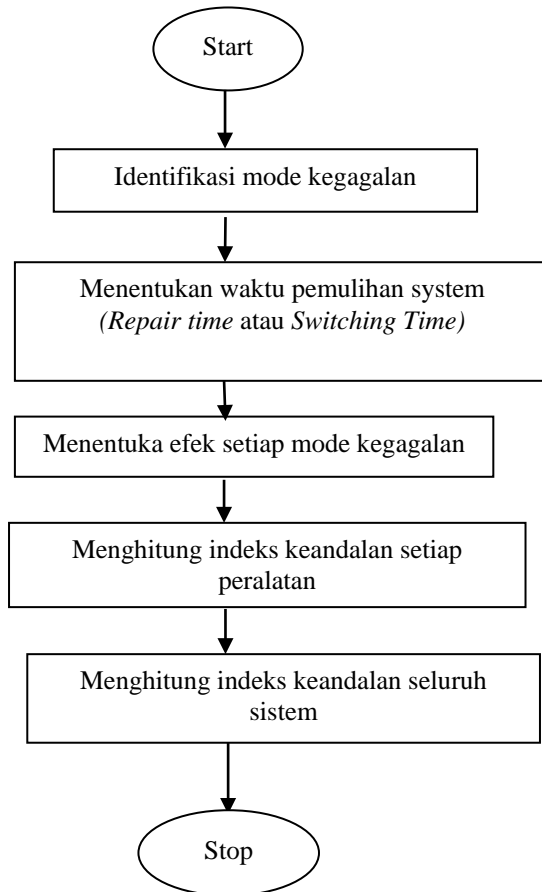
Metodologi yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan Data

Penulis melakukan pengambilan data berupa data jumlah pelanggan, data penyulang maupun parameter-parameter seperti spesifikasi peralatan, data saluran, dan sebagainya pada indeks kegagalan.

## 2. Pemodelan Sistem

Setelah proses pengumpulan data mulai dari data jumlah pelanggan, data penyulang, dan parameter indeks kegagalan peralatan maka sistem dimodelkan kedalam *Single Line Diagram*. Berikut pada Gambar 1.1 merupakan *flowchart* secara umum dalam penyelesaian Tugas Akhir ini:



### **Gambar 1.1** *Flowchart* Tugas Akhir

#### 3. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil simulasi program dan analisis data yang dilakukan, penulis dapat menarik kesimpulan berdasarkan analisis sistem sehingga solusi dari permasalahan pada Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

## **1.6 Sistematika Laporan**

Dalam penyusunan buku Tugas Akhir ini, pembahasan mengenai sistem alat yang dibuat dibagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

### **1. BAB I. PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi penjelasan umum mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika laporan, dan relevansi yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini.

### **2. BAB II. KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK**

Berisi penjelasan teori dasar mengenai konsep yang digunakan dalam Studi analisis keandalan di PT. PLN APJ Surabaya Utara..

### **3. BAB III. SISTEM KELISTRIKAN PT. PLN APJ Surabaya Utara**

Pembahasan secara detail mengenai data peralatan dan informasi secara umum mengenai sistem kelistrikan yang ada di PT. PLN APJ Surabaya Utara. Pada bab ini juga disertakan data-data yang akan digunakan sebagai pengujian kasus pada BAB IV.

### **4. BAB IV. HASIL SIMULASI & ANALISIS KEANDALAN DI PT. PLN APJ Surabaya Utara**

Bab ini berisi tentang hasil pengujian kestabilan transien melalui simulasi menggunakan *software* Small World serta analisis yang berkaitan dengan indeks-indeks kegagalan suatu sistem.

### **5. BAB V. PENUTUP**



Berisi kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan Tugas Akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan laporan Tugas Akhir selanjutnya.

### **1.7 Relevansi**

Hasil yang diperoleh dari penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat antara lain:

1. Mengetahui analisis keandalan sistem melalui respon kegagalan akibat gangguan ataupun secara berkala di PT. PLN APJ Surabaya Utara karena adanya sistem distribusi radial ke pelanggan yang memiliki penambahan beban setiap tahun.
2. Monitoring pada sistem distribusi radial yang ada di PT. PLN APJ Surabaya Utara

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

## BAB II

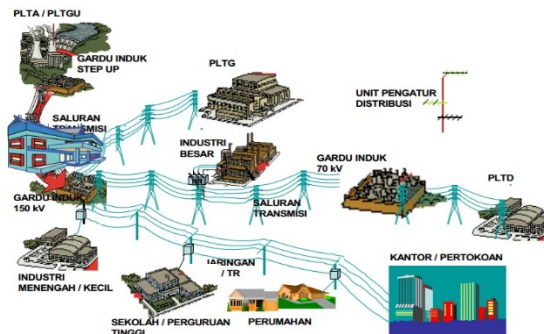
### KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK

#### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Secara umum, baik atau buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama ditinjau dari kualitas daya yang diterima oleh konsumen. Kualitas daya yang baik antara lain meliputi kapasitas daya yang memenuhi dan tegangan yang selalu konstan pada tegangan nominal. Tegangan harus selalu dijaga konstan terutama rugi tegangan yang terjadi di ujung saluran. Tegangan yang tidak stabil dapat mengakibatkan kerusakan alat-alat yang peka terhadap perubahan tegangan (khususnya alat-alat elektronik). Tegangan yang terlalu rendah akan mengakibatkan alat-alat listrik tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Demikian juga tegangan terlalu tinggi dapat berpotensi merusak alat-alat listrik.

Perubahan nilai frekuensi akan sangat dirasakan oleh pemakai listrik yang penggunaannya berkaitan/bergantung pada kestabilan frekuensi. Konsumen kelompok ini biasanya adalah industri-industri yang menggunakan mesin-mesin otomatis dengan menggunakan *setting* waktu/frekuensi seperti peralatan motor.

Oleh karena itu, kestabilan frekuensi dan tegangan harus selalu dikontrol untuk menghindari resiko-resiko yang mungkin terjadi sehingga kerusakan hingga kegagalan sistem dapat dihindari. Untuk ilustrasi tentang system tenaga listrik yang terdapat di Indonesia secara umum dapat digambarkan pada Gambar 2.1 berikut.



### **Gambar 2.1** Sistem Tenaga Listrik

Pada sistem tenaga listrik, terdapat beberapa komponen utama. Komponen tersebut terdiri atas pembangkitan tenaga listrik, transmisi tenaga listrik, serta distribusi tenaga listrik. Tiap komponen tersebut saling bergantung satu sama lain. Penjelasan tiap komponennya adalah sebagai berikut, berdasarkan referensi [1]:

1. Pembangkit tenaga listrik (pembangkitan): berfungsi membangkitkan energi listrik dengan cara merubah energi mekanik menjadi energi listrik.
2. Sistem transmisi (penyaluran): proses menyalurkan energi listrik dari satu tempat ke tempat lain (dari pembangkit listrik ke gardu induk atau dari satu gardu induk ke gardu induk lainnya), dengan menggunakan penghantar yang direntangkan antara tiang-tiang (*tower*) melalui isolator-isolator, dengan sistem tegangan tinggi.
3. Sistem distribusi (distribusi): pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke instalasi pemanfaatan (pelanggan).
4. Instalasi milik pelanggan (pemanfaatan): pihak yang memanfaatkan energi listrik.

Fungsi jaringan distribusi adalah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk distribusi (*distribution substation*) kepada pelanggan listrik dengan mutu pelayanan yang memadai. Salah satu unsur dari mutu pelayanan adalah kontinuitas pelayanan yang tergantung pada topologi dan konstruksi jaringan serta peralatan tegangan menengah. Masalah utama dalam menjalankan fungsi jaringan distribusi tersebut adalah mengatasi gangguan dengan cepat mengingat gangguan yang terbanyak dalam sistem tenaga listrik terdapat dalam jaringan distribusi, khususnya jaringan tegangan menengah 20 KV, berdasarkan referensi [1].

Istilah keandalan jaringan distribusi dapat diartikan sebagai pengamanan jaringan distribusi dalam menghindarkan atau meminimalisasi gangguan-gangguan yang menyebabkan pemadaman jaringan distribusi. Keandalan merupakan indikator performansi kerja suatu peralatan atau sistem sesuai dengan fungsinya dalam periode waktu dan kondisi operasi tertentu. Keandalan ini sangat berpengaruh dari keandalan peralatan itu sendiri pada suatu pengamanan pada suatu sistem distribusi tenaga listrik. Penyebab dalam gangguan-gangguan pada jaringan distribusi khususnya jaringan tegangan menengah 20 KV antara lain, yaitu :

1. Gangguan akibat alam (petir, angin, hujan)
2. Gangguan peralatan (hubung singkat atau *human error*)

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer salah satunya yaitu jaringan distribusi ring, berdasarkan referensi [2].

### **2.1.1 Jaringan Distribusi**

System Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (pembangkit ) ke transmisi sampai ke konsumen (pelanggan).

Sehingga fungsi distribusi tenaga listrik adalah; 1) pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan 2) merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringandistribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV ,154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi.

Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ( $I^2 R$ ). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurunan tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi

sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam system tenaga listrik secara keseluruhan.

Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo-trafo step-up. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini (HV,UHV,EHV) menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahal harganya perlengkapanperlengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo step-down. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda. Secara umum, saluran tenaga listrik atau saluran distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut menurut dengan nilai tegangannya, yaitu :

a. **Saluran Distribusi Primer.**

Terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder trafo substation (G.I.) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20kV. Jaringan listrik 70 kV atau 150 kV, jika langsung melayani pelanggan, bisa disebut jaringan distribusi.

b. **Saluran Distribusi Sekunder,**

Terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban

Dari uraian diatas sudah disinggung bahwa system distribusi dibedakan menjadi 2 sistem distribusi primer dan system distribusi sekunder.

**2.1.1.1 Saluran Distribusi Primer**

System distribusi primer ini digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di

suplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer.

a. Jaringan Distribusi Radial

Bila antara titik sumber dan titik bebannya hanya terdapat satu saluran (line), tidak ada alternatif saluran lainnya. Bentuk Jaringan ini merupakan bentuk dasar, paling sederhana dan paling banyak digunakan.

Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu, dan dicabang-cabang ke titik-titik beban yang dilayani.

Sistem distribusi radial adalah sistem distribusi yang paling banyak diterapkan pada jaringan distribusi. Hal ini dikarenakan sistem distribusi radial memiliki konfigurasi saluran yang paling mudah dan murah. Disebut radial karena dari sumber atau gardu induk ditarik satu titik kemudian bercabang menuju ke beban. Bentuk konfigurasi jaringannya bercabang menyerupai tulang ikan.

Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya pencabangan-pencabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir sepanjang saluran menjadi tidak sama besar. Oleh karena kerapatan arus (beban) pada setiap titik sepanjang saluran tidak sama besar, maka luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak harus sama.

Maksudnya, saluran utama (dekat sumber) yang menanggung arus beban besar, ukuran penampangnya relatif besar, dan saluran cabang-cabangnya makin ke ujung dengan arus beban yang lebih kecil, ukurannya lebih kecil pula. Spesifikasi dari jaringan bentuk radial ini adalah:

- a. Bentuk Sederhana
- b. Biaya investasi lebih murah

- c. Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.
- d. Kontinuitas pelayanan daya tidak terjamin, sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan, maka seluruh rangkaian sesudah titik gangguan akan mengalami "black out" secara total.

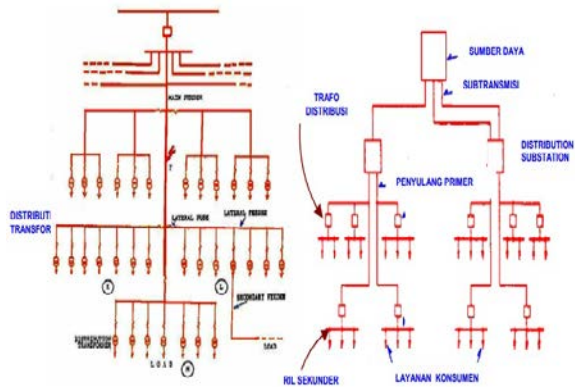
Untuk melokalisasi gangguan, pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman berupa fuse, *sectionalizer*, *recloser*, atau alat pemutus beban lainnya, tetapi fungsinya hanya membatasi daerah yang mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah/dibelakang titik gangguan, selama gangguan belum teratasi.

Jaringan distribusi radial ini memiliki beberapa bentuk modifikasi, antara lain:

(1) Radial tipe pohon.

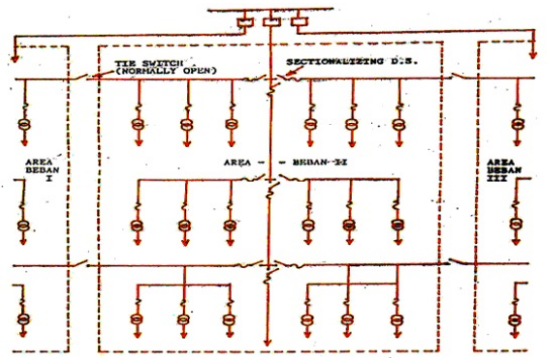
Bentuk ini merupakan bentuk yang paling dasar. Satu saluran utama dibentang menurut kebutuhannya, selanjutnya dicabangkan dengan saluran cabang (lateral penyulang) dan lateral penyulang ini dicabang-cabang lagi dengan sublateral penyulang (anak cabang). Sesuai dengan kerapatan arus yang ditanggung masing-masing saluran, ukuran penyulang utama adalah yang terbesar, ukuran lateral adalah lebih kecil dari penyulang utama, dan ukuran sub lateral adalah yang terkecil. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.2 berikut :





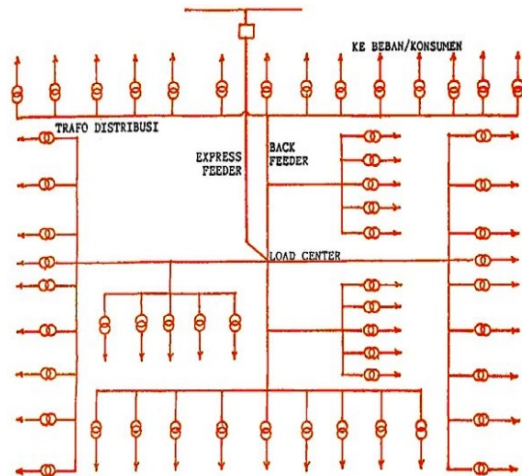
**Gambar 2.2** Radial Tipe Pohon

- (2) Radial dengan tie dan switch pemisah.  
 Bentuk ini merupakan modifikasi bentuk dasar dengan menambahkan tie dan switch pemisah, yang diperlukan untuk mempercepat pemulihan pelayanan bagi konsumen, dengan cara menghubungkan areaarea yang tidak terganggu pada penyulang yang bersangkutan, dengan penyulang di sekitarnya. Dengan demikian bagian penyulang yang terganggu dilokalisir, dan bagian penyulang lainnya yang "sehat" segera dapat dioperasikan kembali, dengan cara melepas switch yang terhubung ke titik gangguan, dan menghubungkan bagian penyulang yang sehat ke penyulang di sekitarnya. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.3 berikut :



**Gambar 2.3** Radial Tipe Tie and Switch

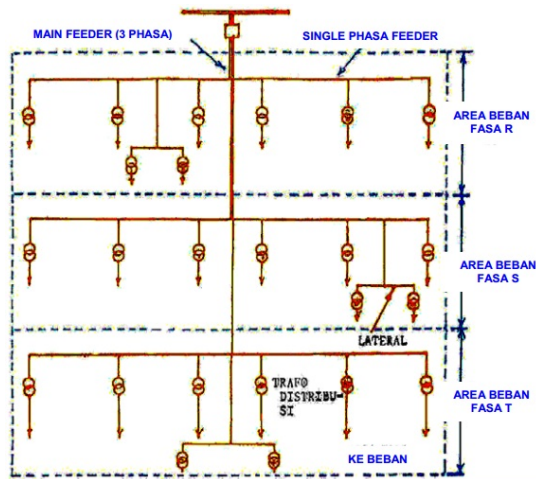
- (3) Radial dengan pusat beban.  
 Bentuk ini mencatu daya dengan menggunakan penyulang utama (main feeder) yang disebut "*express feeder*" langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini disebar dengan menggunakan "*back feeder*" secara radial. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada Gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.4 Radial Tipe Pusat beban

(4) Radial dengan pembagian phase area.

Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini akan dapat menimbulkan akibat kondisi sistem 3 fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum mantap pembagian bebannya. Karenanya hanya cocok untuk daerah beban yang stabil dan penambahan maupun pembagian bebannya dapat diatur merata dan simetris pada setiap fasanya. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada Gambar 2.5 berikut :



Gambar 2.5 Radial Tipe Phase Area

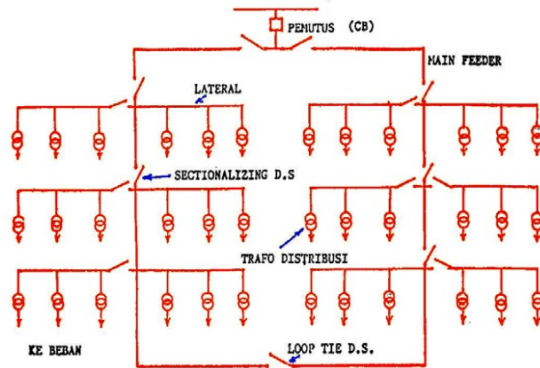
b. **Jaringan distribusi ring (loop)**

Sistem distribusi loop atau yang disebut juga dengan system ring memiliki konfigurasi seperti cincin yang melingkar. Sistem jaringan distribusi loop memiliki konfigurasi yang lebih rumit dibanding system radial. Keuntungan dari system distribusi loop memiliki kontinuitas penyaluran tenaga listrik yang tinggi jika pada satu penyulang terdapat gangguan masih dapat disuplai dari penyulang yang lain.

Bila pada titik beban terdapat dua alternatif saluran berasal lebih dari satu sumber. Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan "loop". Susunan rangkaian penyulang membentuk ring, yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah penyulang, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin, serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena rugi tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil. Bentuk loop ini ada 2 macam, yaitu:

- a) Bentuk open loop : Bila diperlengkapi dengan normally-open switch, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.

- b) Bentuk close loop : Bila diperlengkapi dengan normally-close switch, yang dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

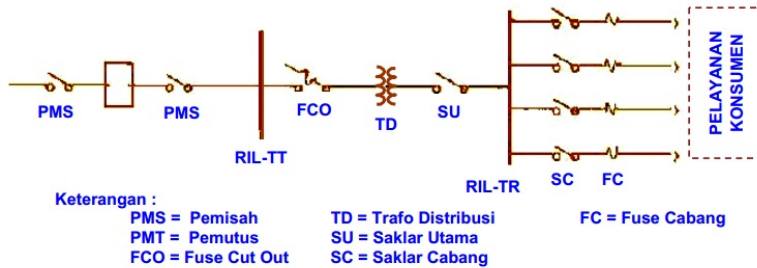


**Gambar 2.6** Jaringan Sistem *Loop*

### 2.1.1.2 Saluran Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut system tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sbb:

- 1) Papan pembagi pada trafo distribusi,
- 2) Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder).
- 3) Saluran Layanan Pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai)
- 4) Alat Pembatas dan pengukur daya (kWH. meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan.



**Gambar 2.7** Jaringan Distribusi Sekunder

## 2.2 Definisi Analisis Daya

Analisis aliran daya atau yang sering disebut *load flow analysis* merupakan studi dasar untuk menganalisa sebuah permasalahan sistem tenaga listrik seperti analisis kestabilan transien. Aliran daya adalah sebuah proses penyaluran daya aktif dan reaktif dari sumber menuju ke beban. Tujuan dari analisis aliran daya adalah :

- Untuk mengetahui nilai tegangan pada setiap bus
- Untuk mengetahui besar daya yang mengalir pada saluran
- Untuk mengetahui besar arus yang mengalir pada saluran
- Untuk mengetahui besar rugi – rugi atau *losses* pada saluran

Diperlukan data saluran dan data bus untuk mendapatkan nilai tegangan pada setiap bus. Data saluran ialah data nilai resistansi dan reaktansi penghantar beserta dengan panjangnya. Nilai ini digunakan sebagai pertimbangan untuk menghitung tegangan jatuh yang melewati saluran tersebut. Data bus terdiri dari nilai daya aktif dan reaktif yang mengalir di tiap bus. Semua data saluran dan data bus tersebut diproses untuk mendapatkan nilai tegangan di tiap bus sesuai dengan nilai toleransi yang diinginkan. Proses iterasi analisa aliran daya yang umum digunakan ada tiga metode yaitu Newton Raphson, Gauss Seidel dan Fast Decoupled[2]. Hasil dari proses analisis aliran daya dapat digunakan sebagai perancangan pengembangan sistem, penjadwalan operasi sistem dan sebagainya.

## 2.3 Keandalan Sistem Distribusi

Tingkat keandalan adalah hal yang sangat penting dalam menentukan kinerja sistem. Keandalan ini dapat dilihat dari sejauh

mana suplai tenaga listrik bisa mensuplai secara kontinyu dalam setahun ke konsumen. Keandalan sangat berpengaruh dalam suatu kualitas jaringan distribusi yang dapat beroperasi sesuai dengan fungsi dalam rentang waktu dan kondisi tertentu. Indeks – indeks yang digunakan dalam menentukan suatu keandalan adalah SAIFI (*System Average Interruption Frequency Indeks*), SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), dan CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)[3]. Untuk penjelasan lebih lanjut tentang indeks-indeks keandalan akan diterangkan dibawah ini.

### 2.3.1 Definisi SAIFI

SAIFI (*System Average Interruption Frequency Indeks*) adalah indeks frekuensi gangguan system rata-rata tiap tahun. Maksudnya dari pernyataan tersebut adalah bahwa SAIFI adalah jumlah berapa kali pemadaman listrik yang terjadi dengan diambil nilai rata-ratanya yang dilakukan oleh pihak PT. PLN yang dikarenakan adanya gangguan alam maupun adanya pekerjaan perbaikan dan *maintenance*. Nilai SAIFI ini didapat dari nilai kegagalan saluran dikalikan dengan panjang masing-masing saluran pada tiap bus, yang kemudian hasil dari perhitungan tersebut dijumlahkan semuanya. Proses tersebut dinamakan dengan perhitungan nilai lambda ( $\lambda$ ). Setelah proses itu sudah selesai maka dilanjutkan dengan melakukan perkalian antara nilai lambda ( $\lambda$ ) yang telah dihitung dengan jumlah pelanggan pada tiap *Load Point*. Kemudian dari hasil tersebut masih dibagi lagi dengan jumlah pelanggan seluruh sistem. Perhitungan SAIFI ini dapat ditulis secara matematis sebagai berikut :

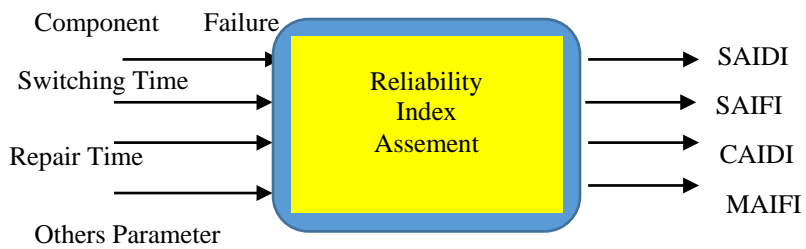
$$\text{SAIFI} =$$

atau perhitungan SAIFI dapat dituliskan secara sederhana sebagai berikut :

$$\text{SAIFI} =$$



SAIDI =



Dalam Gambar 2.8 diatas sudah terlihat dengan jelas bahwa Metode RIA ini mengambil data-data dari peralatan yang akan dianalisis. Data-data yang dimaksud adalah data panjang saluran, data jumlah pelanggan, data indeks kegagalan suatu peralatan distribusi, serta data-data penunjang yang menjadi parameter untuk menentukan suatu keandalan system distribusi.

Kemudian dari data-data tersebut dilakukan sebuah perhitungan keandalan yang akan menghasilkan indeks-indeks keandalan seperti SAIDI, SAIFI, CAIDI, dan MAIFI. Indeks-indeks keandalan tersebut yang akan menentukan tingkat nilai keandalan dalam suatu system distribusi yang dianalisis.

## **2.4 GIS (Geographical Information System)**

Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System* disingkat GIS) adalah sistem informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Atau dalam arti yang lebih sempit, adalah sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk membangun, menyimpan, mengelola dan menampilkan informasi bereferensi geografis, misalnya data yang diidentifikasi menurut lokasinya, dalam sebuah database[4].

GIS ini yang berfungsi sebagai tampilan pada daerah yang akan dikontrol ataupun dimonitoring untuk mengetahui nilai-nilai keandalan pada setiap bus yang ada pada system distribusi PLN APJ Surabaya Utara.

Pada prinsipnya terdapat dua jenis data untuk mendukung GIS yaitu :

### **a. Data Spasial**

Data spasial adalah gambaran nyata suatu wilayah yang terdapat di permukaan bumi. Umumnya direpresentasikan berupa grafik, peta, gambar dengan format digital dan disimpan dalam bentuk koordinat x,y (vektor) atau dalam bentuk image (raster) yang memiliki nilai tertentu.

### **b. Data Non Spasial (Atribut)**

Data non spasial adalah data berbentuk tabel dimana tabel tersebut berisi informasi- informasi yang dimiliki oleh obyek dalam data spasial. Data tersebut berbentuk data tabular yang saling terintegrasi dengan data spasial yang ada.

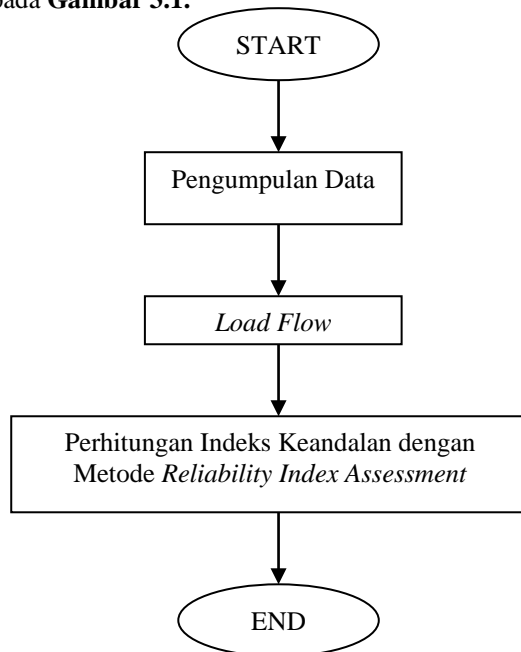
*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

### BAB III

## PERENCANAAN SISTEM

Pada tugas akhir ini akan membahas mengenai studi keandalan jaringan distribusi 20 kV pada PT. PLN APJ Surabaya Utara pada penyulang Basuki Rachmat 32 bus dengan diterapkan pada real system berbasis GIS dengan data-data yang telah tertera pada GIS dan kemudian diolah untuk mendapatkan hasil perhitungan keandalan yang diinginkan dan akan memudahkan operator untuk melihat kondisi keandalan pada sistem distribusi radial PT. PLN APJ Surabaya Utara.

Sebelum lebih lanjut maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut yaitu perencanaan sistem dan perancangan program untuk mendapatkan data yang akan dianalisa adalah pengumpulan data, simulasi *load flow* menggunakan metode *Zbr* dan menghitung nilai indeks keandalan jaringan distribusi menggunakan metode *Reliability Index Assesment*. *Flowchart* perencanaan sitem yang dilakukan ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** *Flowchart* keseluruhan sistem

### 3.1. Langkah-langkah Pengembangan Software

Pengembangan analisa aliran daya agar agar dapat menghasilkan software yang sesuai dengan kondisi lapangan, maka langkah-langkah yang perlu dilakukan :

#### a. Studi literatur

Pada tahap ini referensi tentang metode RIA sebagai metode yang digunakan untuk menganalisa keandalan yang sudah ada dipelajari dan dianalisa. Mengumpulkan referensi tentang pemrograman *Magik* dan *GIS* serta mencari literatur tentang software Emacs yang nanti akan dipakai sebagai sumber pengolahan data yang ada pada GIS.

#### b. Pengenalan *software*

Pengenalan *software* ini dilakukan dengan mempelajari *software GIS Smallworld* PLN Distribusi Jawa Timur yang akan dikembangkan dan juga akan dilakukan penelitian tentang teori keandalan yang sudah ada untuk diterapkan pada GIS PT. PLN Distribusi Jawa Timur APJ Surabaya Utara.penyulang Basuki Rachmat.

#### c. Pembuatan algoritma keandalan dengan metode RIA

Pembuatan algoritma ini menggunakan bahasa pemrograman *Magik*. Bahasa pemrograman ini digunakan *GE Energy* untuk pengembangan *software GIS Smallworld* PLN Distribusi Jawa Timur APJ Surabaya Utara.penyulang Basuki Rachmat.

#### d. Pengujian *software*

Pengujian akhir dilakukan untuk menguji kinerja *software* yang telah dikembangkan dengan menggunakan data yang berasal dari *GIS Smallworld* PLN Distribusi Jawa Timur APJ Surabaya Utara.penyulang Basuki Rachmat.. Pada pengujian ini melakukan perhitungan yang kompleks.

### 3.2. Pengumpulan Data

Pada tugas akhir ini menggunakan data jaringan distribusi PT. PLN APJ Surabaya Utara yaitu pada penyulang Basuki Rachmat 32 bus yang terdapat pada GIS. Kemudian dari data

tersebut akan dilakukan suatu analisis *load flow* dan analisis keandalan pada jaringan distribusi. Setelah itu akan diketahui indeks keandalan yang terdapat pada jaringan distribusi. Kemudian akan dianalisa tentang hasil perhitungan keandalan yang telah dilakukan dan akan ditampilkan pada GIS PT. PLN APJ Surabaya Utara yang bertujuan untuk memudahkan operator dalam bekerja khususnya untuk melihat *load flow* yang mengalir pada salura distribusi tersebut dan juga nilai keandalan pada sistem distribusi tersebut.

### **3.2.1. Single Line Diagram**

Dalam melakukan analisis *load flow* maupun analisis pada tahap ini referensi tentang metode Zbr yang sudah ada dipelajari dan dianalisa. Mengumpulkan referensi tentang pemrograman *Magik* dan *GIS*. Pada tahap ini diharapkan dapat menyusun atau membuat ulang *Single Line Diagram* yang ada untuk dibuat pada ETAP sebagai *tools* untuk mempermudah dalam perhitungan analisis *load flow* serta juga sebagai media untuk menggambar system distribusi yang akan diteliti.

### **3.2.2. Data Pelanggan Tiap Lod Point**

Sebelum melakukan penelitian lebih lanjut maka dilakukan pengambilan data terlebih dahulu. Pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui informasi apa saja yang tertera pada pelanggan di GIS PT. PLN APJ Surabaya Utara penyulang Basuki Rachmat. Dari data yang telah diperoleh dari GIS wilayah Surabaya Utara berikut merupakan data jumlah pelanggan tiap load point pada penyulang Basuki Rachmat dan pada tiap trafo ada yang memiliki identitas atau nama trafo agar memudahkan pihak operator untuk melakukan pekerjaannya apabila terjadi gangguan ataupun untuk kegiatan maintenance yang dilakukan baik yang terjadwal rutin setiap hari maupun yang tidak terjadwal. Dimana jumlah total pelanggan dari penyulang Basuki Rachmat sebanyak 218 pelanggan seperti yang tertera pada data GIS PT. PLN APJ Surabaya Utara untuk penyulang Basuki Rachmat

**Tabel 3.1** Data Pelanggan

| Nama Trafo | Bus | Jumlah pelanggan |
|------------|-----|------------------|
| Af908      | 1   | 11               |
| Af072      | 2   | 3                |
| Af087      | 3   | 9                |
| Af097      | 4   | 2                |
| Af090      | 5   | 2                |
| Af085      | 6   | 16               |
| Af682      | 7   | 2                |
| Af079      | 8   | 12               |
| Af704      | 9   | 12               |
| Af078      | 10  | 2                |
| Af094      | 11  | 2                |
| Af084      | 12  | 2                |
| Af100      | 13  | 2                |
| Af088      | 14  | 2                |
| Af099      | 15  | 55               |
| Af080      | 16  | 2                |
| Af092      | 17  | 44               |
| Af091      | 18  | 2                |
| Af096      | 19  | 2                |
| Af669      | 20  | 2                |
| Af660      | 21  | 2                |
| Af081      | 22  | 10               |
| Af905      | 23  | 2                |
|            | 24  | 2                |
|            | 25  | 2                |
|            | 26  | 2                |
|            | 27  | 2                |



Lanjutan **Tabel 3.1**

| Nama Trafo | Bus | Jumlah pelanggan |
|------------|-----|------------------|
|            | 28  | 2                |
|            | 29  | 2                |
|            | 30  | 2                |
|            | 31  | 2                |
|            | 32  | 2                |

### 3.2.3. Indeks Kegagalan Peralatan Sistem Distribusi

Pada analisis keandalan juga dibutuhkan data indeks kegagalan peralatan system distribusi. Apalagi dengan menggunakan metode RIA (*Reliability Index Assessment*) yang memiliki 2 kondisi untuk dianalisa, yaitu kondisi pada *perfect switching* dan *imperfect switching*. Indeks kegagalan peralatan distribusi ini yang menyumbang hasil keandalan pada kondisi *imperfect switching* karena diasumsikan bahwa pada saat kondisi tersebut peralatan distribusi tidak dapat bekerja secara maksimal sehingga mengakibatkan adanya gangguan pada tingkat keandalan tersebut. Dan berikut merupakan data indeks kegagalan pada peralatan sistem distribusi. Data tersebut terdiri dari angka keluar, waktu perbaikan (repair time) serta waktu switching untuk setiap peralatan yang diperoleh dari SPLN 59:1985 (Keandalan pada Sistem Distribusi 20 KV dan 6 KV).

**Tabel 3.2** Indeks Kegagalan Peralatan Distribusi

| Komponen         | $\lambda$<br>(failure rate) | R<br>(repair time)<br>(jam) | R <sub>s</sub><br>(switching time)<br>(jam) |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Trafo Distribusi | 0.005/unit/thn              | 10                          | 0.15  |
| Circuit Breaker  | 0.004/unit/thn              | 10                          | 0.15  |
| Recloser         | 0.003/unit/thn              | 10                          | 0.15  |
| Line             | 0.2 km/hn                   | 3                           | 0.15  |

#### 3.2.4. Data Panjang Tiap Saluran

Berdasarkan single line diagram yang telah diperoleh dari PT. PLN API Surabaya Utara yang terdapat pada Simulasi GIS berikut merupakan data panjang tiap saluran pada penyulang Basuki Rachmat. Data panjang saluran ini akan digunakan sebagai data tambahan untuk perhitungan keandalan karena pada perhitungan keandalan saluran juga mempengaruhi tingkat keandalan suatu system. Panjang saluran yang diambil ini sesuai dengan data yang terdapat pada GIS. Dan pada data panjang saluran ini digunakan satuan centimeter bukan meter ataupun kilometer seperti pada keandalan yang lain karena untuk memasukkan data pada *software* Emacs tidak bisa membaca data yang berupa nilai desimal, maka dari itu digunakan data yang tidak mengandung nilai decimal. Akan tetapi data yang keluar nanti bisa mengeluarkan data dengan nilai decimal seperti *software-software* yang lain.

**Tabel 3.3** Panjang Saluran Penyulang Basuki Rachmat

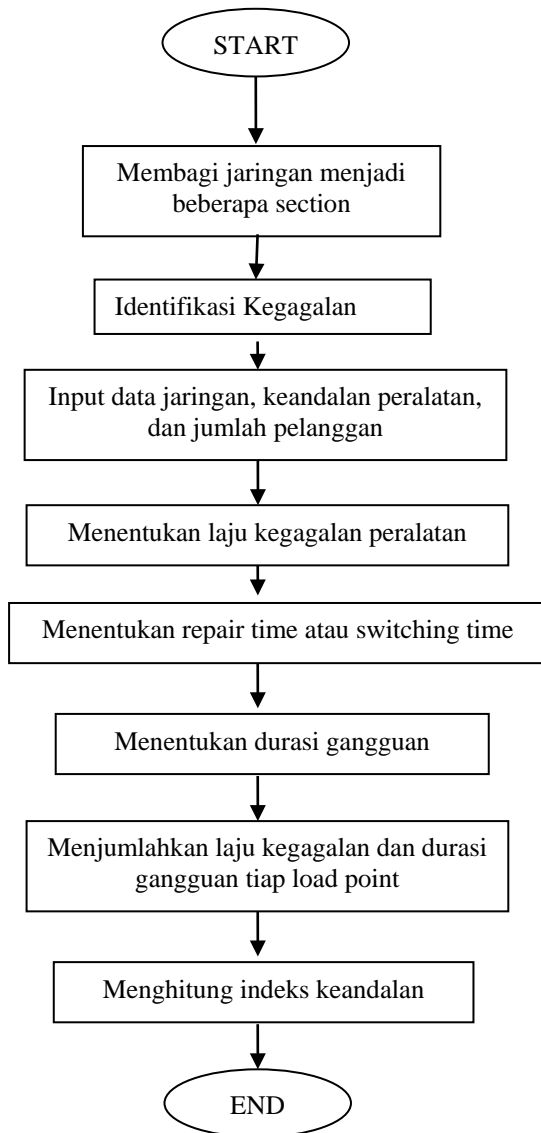
| Bus | Panjang Saluran |
|-----|-----------------|
| 1   | 31970           |
| 2   | 0               |
| 3   | 3402            |
| 4   | 0               |
| 5   | 0               |
| 6   | 32750           |
| 7   | 0               |
| 8   | 0               |
| 9   | 0               |
| 10  | 0               |
| 11  | 0               |
| 12  | 0               |
| 13  | 0               |
| 14  | 3333            |
| 15  | 55510           |

Lanjutan **Tabel 3.3**

| Bus | Panjang Saluran |
|-----|-----------------|
| 16  | 0               |
| 17  | 45430           |
| 18  | 0               |
| 19  | 4206            |
| 20  | 0               |
| 21  | 0               |
| 22  | 36220           |
| 23  | 0               |
| 24  | 5000            |
| 25  | 5000            |
| 26  | 5000            |
| 27  | 5000            |
| 28  | 5000            |
| 29  | 5000            |
| 30  | 5000            |
| 31  | 5000            |
| 32  | 5000            |

### 3.3. Perhitungan Indeks Keandalan dengan menggunakan Metode RIA ( *Reliability Index Assessment* )

Untuk menghitung indeks keandalan pada penyulang busuki Rachmat, metode yang digunakan adalah metode RIA (Reliability Index Assessment).



### **Gambar 3.2** Flowchart Menghitung keandalan

Perhitungan indeks keandalan dengan menggunakan metode RIA, dalam analisa sistemnya menggunakan 2 kondisi, yaitu perfect switching dan imperfect switching.

#### **3.3.1. Kondisi *perfect switching***

Kondisi *perfect switching* dipenuhi jika suatu peralatan distribusi khususnya peralatan yang berperan dalam proses switching misalnya circuit breaker dan recloser diasumsikan bekerja sempurna. Oleh karena itu, maka indeks dari kegagalan dari saluran.

Pada kondisi perfect switching, terdapat tiga langkah dalam menentukan indeks keandalan SAIFI, SAIDI, dan CAIDI, yaitu :

##### **1) Perhitungan SAIFI**

Untuk mendapatkan nilai SAIFI pada system dilakukan perhitungan sebagai berikut indeks kegagalan per km ( sustained failures rate) dikalikan dengan panjang dari masing-masing saluran. Setelah itu hasilnya dikalikan dengan pelanggan pada load point yang bersangkutan lalu dijumlahkan dan hasil tersebut dibagi dengan total pelanggan pada system tersebut.

##### **2) Mencari nilai $r$ dan $u$ system**

- $R$  (jam/gangguan) menyatakan waktu perbaikan (repair time) atau switching time. Ketika terjadi gangguan pada salah satu section, maka komponen-komponen pada section yang terganggu akan dikenakan waktu perbaikan, sedangkan untuk komponen-komponen yang tidak terganggu akan dikenakan switching time.
- $U$  (jam/tahun) merupakan hasil perkalian antara indeks kegagalan peralatan  $\lambda$  (gangguan/tahun) dengan  $r$  (jam/gangguan).  $U$  menyatakan durasi atau lama pemadaman rata-rata dalam kurun waktu satu tahun akibat gangguan pada komponen distribusi. Penjumlahan  $U$  tiap komponen distribusi menghasilkan  $U$  pada setiap load point ( $U_{LP}$ ).

##### **3) Perhitungan SAIDI dan CAIDI**

Untuk mendapatkan nilai SAIDI pada system, yaitu diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut nilai U pada setiap load point dikalikan dengan jumlah pelanggan pada load point yang bersangkutan kemudian dijumlahkan dan hasilnya dibagi dengan total pelanggan pada system.

Sedangkan untuk mendapatkan nilai CAIDI pada system, yaitu nilai r pada setiap load point dikalikan dengan jumlah pelanggan pada load point yang bersangkutan kemudian dijumlahkan dan hasilnya dibagi dengan total pelanggan pada system.

### **3.3.2. Kondisi *imperfect switching***

Kondisi *imperfect switching* dicapai ketika suatu peralatan distribusi seperti circuit breaker dan recloser diasumsikan bekerja tidak sempurna. Oleh karena itu, indeks dari setiap peralatan distribusi memberikan nilai indeks kegagalan secara menyeluruh.

Untuk perhitungan keandalan pada kondisi *imperfect switching* langkah-langkah yang digunakan sama dengan perhitungan pada saat kondisi *perfect switching*. Perbedaannya terletak pada peralatan *switching* yang turut berkontribusi pada perhitungan SAIFI, SAIDI, dan CAIDI.

## BAB IV

### SIMULASI & ANALISIS KEANDALAN DI PT. PLN APJ SURABAYA UTARA

Langkah pertama sebelum melakukan analisis keandalan adalah melakukan analisis *load flow* pada Penyulang Basuki Rachmat. Analisis *load flow* menggunakan *software* Emacs. Analisis *load flow* bertujuan untuk memperoleh nilai dari tegangan masing-masing *load point*. Dalam analisa ini akan dibandingkan *load flow*.

Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) 1 tahun 1995 menyatakan toleransi untuk tegangan menengah sebesar +5% dan -10% dari tegangan nominal. Berdasarkan analisis *load flow* yang dilakukan, maka dapat ditentukan tegangan di bus mana saja yang berada di bawah Standar PLN. Sehingga dapat dilakukan analisa keandalan pada Penyulang Basuki Rachmat di APJ Surabaya Utara.

#### 4. Analisis Perhitungan Keandalan Sistem

##### 4.1. Analisis Aliran Daya

Analisis aliran daya dilakukan menggunakan program *Emacs 22.1*, *Smallworld Electric Office* serta dijalankan untuk analisis penyulang Basuki Rahmat

**Tabel 4.1** Data Hasil Loadflow pada GIS

| Bus | Tegangan       |          | Aliran Daya |          |
|-----|----------------|----------|-------------|----------|
|     | Magnitude (kV) | Sudut    | P (kW)      | Q (kVAR) |
| 1   | 20.00          | 0        | 1688.00     | 282.60   |
| 2   | 19.99          | -0.01162 | 19.30       | 4.80     |
| 3   | 19.99          | -0.01185 | 63.00       | 8.90     |
| 4   | 19.99          | -0.01193 | 44.00       | 8.90     |
| 5   | 19.98          | -0.01290 | 44.30       | 6.30     |
| 6   | 19.98          | -0.01370 | 33.70       | 8.40     |
| 7   | 19.98          | -0.01414 | 338.00      | 68.80    |
| 8   | 19.98          | -0.01388 | 111.00      | 15.70    |
| 9   | 19.98          | -0.01373 | 21.50       | 4.40     |
| 10  | 19.98          | -0.01390 | 111.00      | 15.70    |
| 11  | 19.98          | -0.01377 | 41.00       | 8.30     |
| 12  | 19.98          | -0.01394 | 86.40       | 12.30    |
| 13  | 19.98          | -0.01399 | 81.10       | 11.50    |

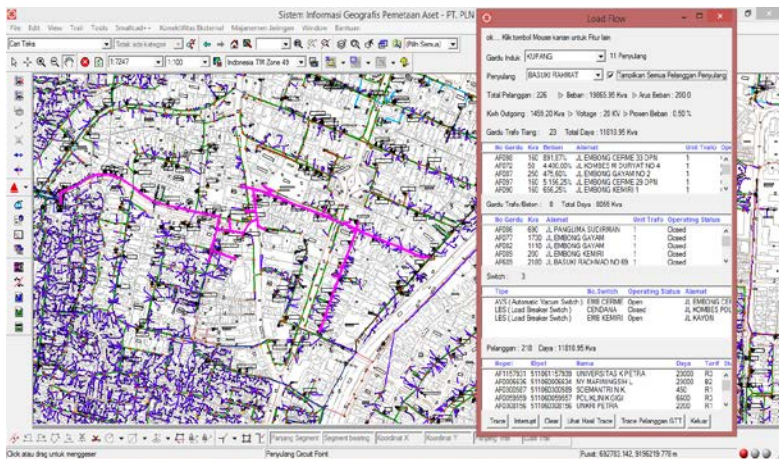
Lanjutan **Tabel 4.1**

| Bus | Tegangan       |          | Aliran Daya |          |
|-----|----------------|----------|-------------|----------|
|     | Magnitude (kV) | Sudut    | P (kW)      | Q (kVAR) |
| 14  | 19.98          | -0.01611 | 30.60       | 4.30     |
| 15  | 19.98          | -0.01614 | 68.50       | 9.70     |
| 16  | 19.98          | -0.01657 | 21.70       | 3.10     |
| 17  | 19.98          | -0.01720 | 10.90       | 1.50     |
| 18  | 19.98          | -0.01722 | 53.30       | 7.60     |
| 19  | 19.98          | -0.01723 | 36.40       | 5.20     |
| 20  | 19.98          | -0.01734 | 85.90       | 12.20    |
| 21  | 19.98          | -0.01736 | 34.10       | 4.90     |
| 22  | 19.98          | -0.01748 | 44.50       | 6.40     |
| 23  | 19.98          | -0.01723 | 22.20       | 5.60     |
| 24  | 19.98          | -0.01728 | 34.60       | 4.90     |
| 25  | 19.98          | -0.01722 | 28.40       | 9.30     |
| 26  | 19.98          | -0.01745 | 49.70       | 7.00     |
| 27  | 19.98          | -0.01747 | 43.00       | 8.80     |
| 28  | 19.98          | -0.01750 | 25.60       | 3.70     |
| 29  | 19.98          | -0.01757 | 29.60       | 4.20     |
| 30  | 19.98          | -0.01759 | 28.80       | 4.10     |
| 31  | 19.98          | -0.01761 | 9.80        | 1.40     |
| 32  | 19.98          | -0.01763 | 34.00       | 4.80     |

#### 4.2. Hasil Simulasi pada GIS

Tampilan jumlah pelanggan serta trafo yang terhubung pada seluruh penyulang basuki rachmat.





**Gambar 4.1** Tampilan pada GIS serta data pelanggan

Pada tampilan Gambar 4.1 diatas dapat dilihat bahwa peta distribusi PT. PLN APJ Surabaya Utara untuk penyulang basuki rachmat yang terdapat pada GIS. Lewat pemetaan pada GIS ini kita menjadi mengetahui daerah mana saja yang terpasoki listrik dan yang tidak serta juga ita menjadi mengetahui jumlah pelanggan yang ada pada tiap penyulang dan panjang saluran dari masing-masing *load point*. Data saluran ataupun *load point* yang tertera dapat dilihat juga dari tabel data, apabila kita memilih salah satu dari trafo distribusi maupun yang saluran pada gambar tersebut.

Peta layanan GIS ini selain digunakan untuk *load flow* juga dapat digunakan untuk melihat setimasi tegangan dan tentunya tingkat keandalan suatu system pada setiap bus maupun *load point* yang ada. Untuk perhitungan tentang keandalan telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya yang kemudian dimasukkan ke program GIS dengan menggunakan *software* Emacs, karena *software* ini yang bisa untuk memodifikasi ataupun memasukkan perhitungan-perhitungan pada GIS.

### 4.3. Analisis Indeks Keandalan

Dalam melakukan perhitungan indeks keandalan menggunakan metode *Reliability Index Assesment*, terdapat dua kondisi yang diterapkan pada perhitungan ini yaitu pada kondisi *perfect switching* dan kondisi *imperfect switching*. Berikut akan dilakukan perhitungan keandalan pada saat sistem *perfect switching* serta *imperfect switching*.

#### 4.3.1. Perhitungan Indeks Keandalan pada Kondisi *Perfect Switching*

Berdasarkan analisa load flow yang telah dilakukan terdapat 11 load point yang tegangannya dibawah standar. Load point ini diasumsikan mengalami pemadaman sehingga nilai  $r$  pada load point ini akan mengalami repair time (perbaikan). 1.) *Sistem Diasumsikan Berada pada Kondisi Perfect Switching*. Dari perhitungan tersebut maka didapatkan hasil SAIFI, SAIDI, dan CAIDI pada kondisi *perfect switching* adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Hasil dengan menggunakan metode RIA kondisi *Perfect Switching*

| SAIDI | SAIFI | CAIDI |
|-------|-------|-------|
| 1,718 | 5,514 | 3,000 |

**Tabel 4.3** Hasil dengan menggunakan perhitungan Excel kondisi *Perfect Switching*

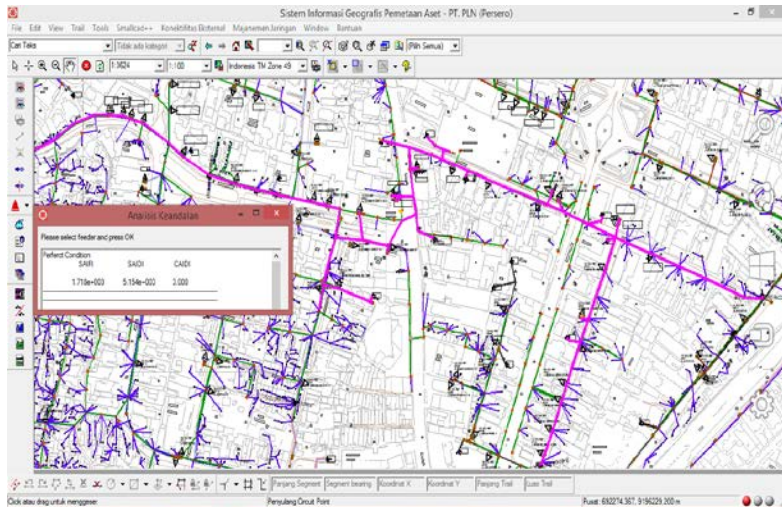
| SAIDI       | SAIFI       | CAIDI       |
|-------------|-------------|-------------|
| 10.43269688 | 14.68050351 | 0.658455703 |

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai untuk perhitungan keandalan pada metode RIA yang ada pada program GIS dengan Excel memiliki perbedaan yang cukup signifikan karena pada program GIS ini memiliki karakter sendiri yang tidak dipunayi oleh excel, begitu pun pula sebaliknya.

Pada GIS diketahui nilai parameter keandalan SAIDI = 1.718 jam/pelanggan/tahun, SAIFI = 5.514 kali/pelanggan/tahun, dan CAIDI = 3.00 jam/gangguan/pelanggan. Ini dapat disimpulkan bahwa tingkat keandalan pada penyulang basuki rachmat untuk kondisi *perfect switching* sangat bagus karena memiliki nilai yang cukup sedikit untuk pemadaman listrik yang artinya bahwa konsumen mendapat distribusi listrik secara menyeluruh dan juga dalam waktu yang tidak terlalu lama karena hanya 3 jam/pelanggan/tahun. Pada kondisi ini bernilai bagus untuk pemadaman karena diasumsikan bahwa peralatan-peralatan distribusi bekerja dengan baik atau tidak terdapat gangguan.

Setelah perhitungan tersebut maka hasilnya akan ditampilkan pada GIS agar operator dapat langsung mengetahui secara langsung tentang tingkat keandalan yang ada pada penyulang dan juga untuk

mengetahui penyulang mana ataupun bus mana yang memiliki nilai keandalan yang cukup tinggi pada kondisi *perfect switching* tersebut. Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut :



**Gambar 4.2** Kondisi *Perfect Switching*

Dari data tersebut diketahui bahwa keandalan saat *perfect switching* memiliki keandalan yang cukup bagus dengan hanya rata-rata padam 3 jam / gangguan / pelanggan, keadaan itu dapat diartikan bahwa peralatan dapat bekerja dengan baik dan juga sesuai dengan apa yang diinginkan karena memiliki nilai pemadaman yang cukup kecil. Serta juga sangat berpengaruh pada umur peralatan yang terdapat pada penyulang basuki rachmat.

#### **4.3.2. Perhitungan Indeks Keandalan pada Kondisi *Imperfect Switching***

Dari perhitungan tersebut maka didapatkan hasil SAIFI, SAIDI, dan CAIDI tiap load point pada kondisi *imperfect switching* adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.4** Hasil dengan menggunakan metode RIA kondisi *Imperfect Switching*

| SAIDI | SAIFI | CAIDI |
|-------|-------|-------|
| 135,3 | 20,17 | 6,710 |

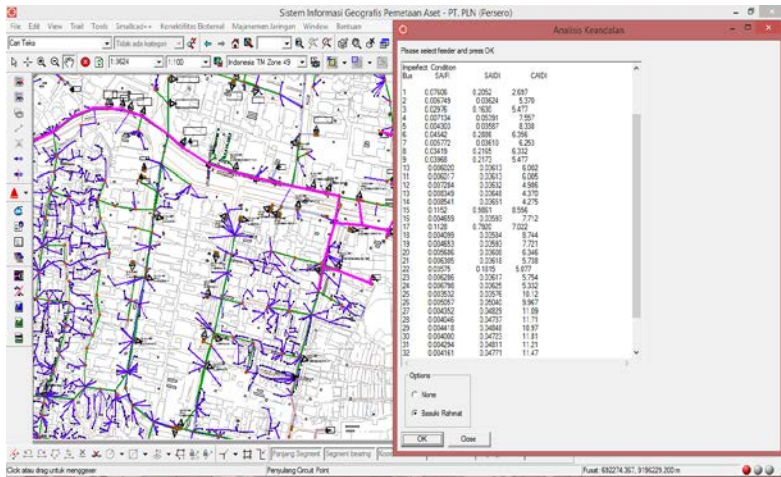
**Tabel 4.5** Hasil dengan menggunakan perhitungan Excel kondisi *Imperfect Switching*

| SAIDI       | SAIFI       | CAIDI      |
|-------------|-------------|------------|
| 1.549019725 | 2.160697427 | 0.09764373 |

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai untuk perhitungan keandalan pada metode RIA yang ada pada program GIS dengan Excel memiliki perbedaan yang cukup signifikan karena pada program GIS ini memiliki karakter sendiri yang tidak dipunyai oleh excel, begitu pun pula sebaliknya.

Pada GIS diketahui nilai parameter keandalan SAIDI = 135.3 jam/pelanggan/tahun, SAIFI = 20.17 kali/pelanggan/tahun, dan CAIDI = 6.71 jam/gangguan/pelanggan. Ini dapat disimpulkan bahwa tingkat keandalan pada penyulang basuki rachmat untuk kondisi *imperfect switching* kurang atau belum bagus karena memiliki nilai yang cukup besar untuk pemadaman listrik yang artinya bahwa konsumen mendapat gangguan pada saat distribusi listrik secara menyeluruh dan juga dalam waktu yang cukup lama karena waktunya ialah 6.71 jam/pelanggan/tahun. Pada kondisi ini bernilai kurang bagus untuk pemadaman karena diasumsikan bahwa peralatan-peralatan distribusi bekerja dengan tidak baik atau terdapat gangguan. Yang artinya adalah bahwa kegagalan peralatan dalam menanggulangi gangguan tidak bekerja dengan baik dan yang menyebabkan tingkat keandalan menjadi berkurang dan banyak pada nilai pemadaman.

Setelah perhitungan tersebut maka hasilnya akan ditampilkan pada GIS agar operator dapat langsung mengetahui secara langsung tentang tingkat keandalan yang ada pada penyulang dan juga untuk mengetahui penyulang mana ataupun bus mana yang memiliki nilai keandalan yang kurang bagus pada kondisi *imperfect switching* tersebut. Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut :



**Gambar 4.3** Kondisi *Imperfect Switching*

Dari data tersebut diketahui bahwa keandalan saat *imperfect switching* memiliki keandalan yang tidak bagus dengan rata-rata padam 6,7 jam / gangguan / pelanggan, keadaan itu dapat diartikan bahwa peralatan tidak dapat bekerja dengan baik dan juga tidak sesuai dengan apa yang diinginkan karena memiliki nilai pemadaman yang cukup besar. Serta juga akan berakibat pada umur peralatan yang terdapat pada penyulang basuki rachmat dan juga akan membuat konsumen merasa dirugikan karena adanya kondisi *imperfect switching* tersebut.

#### 4.3.4. Perhitungan Indeks Keandalan untuk nilai MAIFI

Pada nilai keandalan untuk Parameter MAIFI ini dapat dilihat seperti berikut :

**Tabel 4.6** Hasil Perhitungan MAIFI

|             |
|-------------|
| MAIFI       |
| 1.842183486 |

Pada tabel 4.6 tersebut dapat diketahui bahwa nilai MAIFI secara keseluruhan system adalah 1.842 gangguan/tahun. Dari nilai MAIFI ini maka dapat diketahui bahwa nilai gangguan pada sistem distribusi PT. PLN APJ Surabaya Utara penyulang Basuki Rachmat

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari perhitungan dan analisis pada tugas akhir ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada kondisi *perfect switching* nilai indeks memiliki nilai SAIFI = 1,718 kali/tahun, SAIDI = 5,514 jam/tahun, CAIDI = 3,000 jam/tahun.
2. Pada kondisi *imperfect switching* nilai indeks keandalan memiliki nilai SAIFI = 135,3 kali/tahun, SAIDI = 20,17 jam/tahun, CAIDI = 6,710 jam/tahun.
3. Perhitungan MAIFI untuk keseluruhan sistem = 1.842 gangguan/tahun.
4. Pada dua kondisi tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa apabila kegagalan peralatan yang terjadi pada saat terdapat gangguan maka dapat diartikan bahwa distribusi listrik yang terjadi tidak sesuai dengan yang diinginkan serta akan merugikan konsumen secara materiil karena kurangnya mendapat pasokan listrik dari PLN.

#### **5.2 Saran**

1. Program analisis *load flow* dan analisis keandalan agar lebih interaktif dan menarik sehingga penggunaannya lebih mudah.
2. Agar dapat dikembangkan lebih lanjut dengan keandalan yang telah diteliti dengan metode-metode yang lain yang mampu memberikan nilai yang lebih signifikan dan detail lagi pada pengguna.

*Halaman Ini Sengaja dikosongkan*



## LAMPIRAN

```

_package user
## Create a dialog exemplar that inherits from model
def_slotted_exemplar(:keandalan,
{
  { :items,_unset }
},
:model)
$

_pragma(classify_level=basic, topic={magik_course})
## Define the sizes of Chip portions we offer
keandalan.define_shared_constant(:chip_portions,
                                {"None","Basuki Rahmat"}, :public)
_pragma(classify_level=basic, topic={magik_course})
_method keandalan.activate_in(f)
  ## The activate_in() method creates the various items to be put in the
  ## menu, each item of interest is stored in the property_list items
  _self.title << "Analisis Keandalan"
  .items<<property_list.new()

  # Create an outer rowcol in the frame
  outer << rowcol.new(f,_unset,2,:pixel,:style,:top_level)
  # and a nested rowcol within it
  outer << rowcol.new(outer,4,_unset,:pixel,:style,:nested,:row,1,:col,1)
  label_item.new(outer,"Please select feeder and press OK",
                 :row,1,:col,1)

  # Create an inner rowcol 1 row 2 columns
  rc1 << rowcol.new(outer,80,80,:pixel,:style,:nested,:row,2,:col,1)
  # Now put in the various items on the rowcol

  # The items from which we will need to get data are stored
  # in the property_list, items. The keys of these are arbitrary.
  ##lb1 << label_item.new(rc1,"",:row,1,:col,1)
  .items[:name] << text_window.new(rc1,35,80)    ##Text window untuk menampilkan
  .items[:name].vertical_scrollbar? << _True

  # Now put in the various items on the rowcol:row,1,:col,2)
  # Create another rowcol 1 row 2 columns
  inner << rowcol.new(outer,1,2,:pixel,:style,:nested,:row,3,:col,1)

##   gp << group_box.new(inner,"Dish",:row,1,:col,1)
##   rc2 << rowcol.new(gp,_unset,1,:pixel,:style,:group_box)

  # These three toggle items return Boolean values
  ##   .items[:sausages] << toggle_item.new(rc2,"Sausages",
  ##                                       :balloon_help_text,"Big and Juicy")
##   .items[:bacon]      << toggle_item.new(rc2,"Bacon",
##                                       :balloon_help_text,"Crisp and Lean")
##   .items[:eggs]       << toggle_item.new(rc2,"Eggs",
##                                       :balloon_help_text,"Just how you like them")

  # A group box of radio items
  gp << group_box.new(inner,"Options",:row,1,:col,2)

```

```

rc3 << rowcol.new(gp,_unset,1,:pixel,:style,:group_box)

.items[:chips] << rg << radio_group.new(rc3)
_for size _over _self.chip_portions.fast_elements()
_loop
    ri << radio_item.new(rc3,size)
    rg.manage_child(ri,size.canonical.as_symbol())
_endloop
.items[:chips].value << "None"
# The buttons are placed in a row at the bottom
rc4 << rowcol.new(outer,1,_unset,:pixel,:style,:button_box,:row,4,:col,1)
b_ok << button_item.new(rc4,"OK",_self,:doit(),:min_width,75)      ##Tombol OK
b_cancel << button_item.new(rc4,"Close",_self,:quit(),:min_width,75)  ##Tombol Cancel
_endmethod

_pragma(classify_level=basic, topic={magik_course})
_method keandalan.doit()
    # Print out the contents of the fields - note that we use the
    # method .value to get data from the menu items

write("Menu")

## _for dish _over { :sausages,:bacon,:eggs }.elements()
## _loop

    ##Rekon
    _if .items[:chips].value = "basuki rahmat" _then
        .items[:name].value << .items[:chips].value

panjang << matrix_2.new(32,2)

panjang[1]<<{ 1,5617}
panjang[2]<<{ 2,1758}
panjang[3]<<{ 3,1684}
panjang[4]<<{ 4,0672}
panjang[5]<<{ 5,0425}
panjang[6]<<{ 6,1174}
panjang[7]<<{ 7,1226}
panjang[8]<<{ 8,1186}
panjang[9]<<{ 9,1684}
panjang[10]<<{ 10,1361}
panjang[11]<<{ 11,1359}
panjang[12]<<{ 12,2050}
panjang[13]<<{ 13,2630}
panjang[14]<<{ 14,2735}
panjang[15]<<{ 15,0364}
panjang[16]<<{ 16,0619}
panjang[17]<<{ 17,0874}
panjang[18]<<{ 18,0314}
panjang[19]<<{ 19,0616}
panjang[20]<<{ 20,1179}
panjang[21]<<{ 21,1516}
panjang[22]<<{ 22,1977}
panjang[23]<<{ 23,1506}
panjang[24]<<{ 24,1785}

```

```

panjang[25]<<{25,0005}
panjang[26]<<{26,0836}
panjang[27]<<{27,0452}
panjang[28]<<{28,0285}
panjang[29]<<{29,0488}
panjang[30]<<{30,0260}
panjang[31]<<{31,0420}
panjang[32]<<{32,0348}

_for i _over 1.upto(panjang.size1)
_loop
panjang[i,2]<<panjang[i,2]/1000.as_float
## print (panjang[i])
_endloop

Indfail<<matrix_2.new(4,3)##indeks kegagalan
s<<external_text_input_stream.new("D:\Kuliah ELEKTRO S1\TA Je\data indeks kegagalan peralatan
GIS.txt")
_for i _over 1.upto(6)
_loop
a_line <<s.get_line()
_if i>=3 _then
Indfail[i-2,1]<<a_line.slice(20,22).trim_spaces().as_integer() ##failure rate
Indfail[i-2,1]<<Indfail[i-2,1]/1000.as_float
Indfail[i-2,2]<<a_line.slice(40,41).trim_spaces().as_integer()##repair time
Indfail[i-2,3]<<a_line.slice(60,61).trim_spaces().as_integer()##switching time
Indfail[i-2,3]<<Indfail[i-2,3]/100.as_float
_endif

_endloop

busdata<<matrix_2.new(32,3)##data pelanggan
s<<external_text_input_stream.new("D:\Kuliah ELEKTRO S1\TA Je\data bus baru1.txt")
_for i _over 1.upto(busdata.size1+2)
_loop
a_line <<s.get_line()
_if i>=3 _then
busdata[i-2,1]<<a_line.slice(1,2).trim_spaces().as_integer() ##bus
busdata[i-2,2]<<a_line.slice(14,15).trim_spaces().as_integer()##jumlah pelanggan
busdata[i-2,3]<<a_line.slice(29,33).trim_spaces().as_integer()##panjang
busdata[i-2,3]<<busdata[i-2,3]/100.as_float

_endif

_endloop
lambdapfc<<matrix_2.new(panjang.size1,1)
lamtotpfc<<0
_for i _over 1.upto(panjang.size1)
_loop
lambdapfc[i,1]<<panjang[i,2]*Indfail[4,1]
lamtotpfc<<lamtotpfc+lambdapfc[i,1] ##total lamda
_endloop
U<<lamtotpfc*Indfail[4,2] ##nilai dihitung dari lambda total dikali repair time saluran

```

```

##saidipfc<<0
jmlpel<<0##jumlah pelanggan
_for i _over 1.upto(busdata.size1)
_loop
    jmlpel<<busdata[i,2]+jmlpel
_endloop

saifipfc<<jmlpel*lamtotpfc
saidipfc<<jmlpel*U
caidipfc<<saidipfc/saifipfc

##print(saidipfc)
##print(saifipfc)
##print(caidipfc)

##Imperfect
##-----##
##-----##

lambdaimp<<matrix_2.new(panjang.size1,1)
lamimptot<<0
_for i _over 1.upto(panjang.size1)
_loop
    lambdaimp[i,1]<<panjang[i,2]*Indfail[4,1]+0.005*32+0.004*32+0.003*32
    lamimptot<<lamimptot+lambdaimp[i,1] ##total lamda
_endloop

Uimp<<matrix_2.new(panjang.size1,1)
Uimptot<<0
_for i _over 1.upto(panjang.size1)
_loop
    ##lambdaimp[i,1]<<panjang[i,2]*Indfail[4,1]+0.005*32+0.004*32+0.003*32
    ##lamtotimp<<lamtotimp+lambdaimp[i,1]
    _if i<26
    _then
        Uimp[i,1]<<lambdaimp[i,1]*0.15+0.005*32*10+0.004*32*10+0.003*32*10
    _else
        Uimp[i,1]<<lambdaimp[i,1]*3+0.005*32*10+0.004*32*10+0.003*32*10
    _endif
    Uimptot<<Uimptot+Uimp[i,1]
_endloop

sfi<<matrix_2.new(panjang.size1,1)##saifi
sdi<<matrix_2.new(panjang.size1,1)##saidi
cdi<<matrix_2.new(panjang.size1,1)##caidi
_for i _over 1.upto(panjang.size1)
_loop
    sfi[i,1]<<busdata[i,2]*lambdaimp[i,1]/218
    sdi[i,1]<<busdata[i,2]*Uimp[i,1]/218
    cdi[i,1]<<sdi[i,1]/sfi[i,1]
_endloop

saifiimp<<jmlpel*lamimptot/218
saidiimp<<jmlpel*Uimptot/218
caidiimp<<saidiimp/saifiimp
asai<<(218*8760-(jmlpel*Uimptot))/(218*8760)

```

```

asui<<1-asai

_for i _over 1.upto(4)
_loop
    ## print()
_endloop

am<<" "

ay<< saifipfc
az<< saidipfc
au<< caidipfc
am<<" " + newline_char + " " +
    ay.write_string + " " + az.write_string + " " + au.write_string
    ## ay.write_string.slice(1,5) + " " + ax.write_string + " " +
    ## ay.write_string.slice(1,5) + " " + av.write_string

bm<<" "
bus<<0

##imperfect
_for i _over 1.upto(panjang.size1)
_loop
    bus<<i
    by<< sfi[i,1]
    bz<< sdi[i,1]
    bu<< cdi[i,1]
    bm<< bm.write_string+ " " + newline_char + " " +
        bus.write_string+ " " + by.write_string + " " +
    +bz.write_string + " " + bu.write_string
    ## ay.write_string.slice(1,5) + " " + ax.write_string + " " +
    ## ay.write_string.slice(1,5) + " " + av.write_string
_endloop

.items[:name].value<<"Perferct Condition"+newline_char+
    " " + " " + "SAIFI " + " " +
    "SAIDI " + " " +
    "CAIDI " + " " +
    newline_char +
    am + newline_char +
    "-----" +
    "-----" +
    newline_char +
    "-----" +
    "-----" +
    newline_char+
    newline_char+
    "Imperfect Condition"+newline_char+

    "Bus" + " " + "SAIFI " + " " +
    "SAIDI " + " " +
    "CAIDI " + " " +
    newline_char +
    bm + newline_char +
    newline_char +
    "SAIDI" + " " + "SAIFI" + " " + "CAIDI" + " " +
    " + "ASAI " + " " +
    "ASUI " + " " + newline_char+

```

```

        saidiimp.write_string+"          "+saifiimp.write_string+"
"+caidiimp.write_string+"          "+asai.write_string + "          "+
        asui.write_string +"          "+
newline_char+
        "-----" +
        "-----" +
newline_char +
        "-----" +
        "-----"

    _endif

    ## _endloop
    write("Chips: ",items[:chips].value)
_endmethod

```

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhadi, dkk, **“Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1”**, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan : Jakarta, 2008.
- [2] Rahmat, Gheschik Safiur, **“Evaluasi Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 KV Di Surabaya menggunakan *Loop Restoration Scheme*”**, Digilib ITS, Surabaya, 2013.
- [3] Ramadhani, Rizqi Ahmad, **“Peningkatan Keandalan Jaringan Distribusi pada PT. PLN (Persero) APJ SURABAYA UTARA dengan Menentukan Penempatan dan Kapasitas SSVR (*STATIC SERIES VOLTAGE REGULATOR*) menggunakan Metode Genetic Algorithm”**, Digilib ITS, Surabaya, 2015
- [4] Prabowo, Herdianto, **“Studi Keandalan Sistem Distribusi PT. Semen Gresik-Tuban Menggunakan Metode *Reliability Index Assesment (RIA)* dan *Software ETAP*”**, Digilib ITS, 2012.
- [5] Penangsang, Ontoseno. **“Analisis Aliran Daya”**, ITS Press, Surabaya, 2012.
- [6] Saadat, Hadi, **“Power System Analysis”**, McGraw-Hill Inc., 1999.
- [7] Roy Billinton, Ronald N Allan, **“Reliability Evaluation of Power Systems”** Plenum Press : New York, 1996.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## BIODATA PENULIS



Nama : Jefri Arianto  
TTL : Sidoarjo, 29  
Januari 1992  
Jenis Kelamin : Laki - laki  
Agama : Islam  
Alamat Rumah : Pagesangan IV  
Angin Sejuk 105 Surabaya  
Telp./HP : 085649454968  
E-mail :  
jefriarian17@gmail.com  
Hobi : Olahraga

## RIWAYAT PENDIDIKAN

- 1998 – 2004 : SD NEGERI KEBONSARI III / 416 SURABAYA
- 2004 – 2007 : SMP NEGERI 12 SURABAYA
- 2007 – 2010 : SMA NEGERI 10 SURABAYA
- 2010 – 2013 : Bidang Studi Komputer Kontrol, Program D3 Teknik Elektro, ITS
- 2013 – sekarang : Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Program Lintas Jalur S1 Teknik Elektro, ITS

*Halaman ini sengaja dikosongkan*